第25卷 第4期　昆虫学报　Vol. 25, No. 4
1982年11月　ACTA ENTOMOLOGICA SINICA　Nov., 1982

家蚕在人工饲料饲养下若干因素对生长的影响

李秀艳　蒋猷龙
(浙江省农业科学院蚕桑研究所)

摘要　为了探索家蚕人工饲料饲养实用化的途径，对人工饲料的配方、剂型以及幼虫的生活习性等进行了研究。结果表明：1. 光照(全明或昼明夜暗)条件下人工饲料饲养的蚕发育较快而整齐，且增加了对CPV(质型多角体病毒)的抵抗力。2. 下述配方较好：桑叶粉45克，豆饼粉25克，淀粉5克，石油酵母5克，蜂蜜5克，柠檬酸3克，维生素C 2克，没食子酸0.4克，山梨酸0.3克，氯霉素25毫克，成型剂石花菜15克，加水250毫升。3. 配方中桑叶粉含量必须保持在40%以上，质量以春叶为优。4. 与桑叶饲育比较，蚕对营养成分的吸收率高，但转化率低。5. 为了便于贮藏和运输，人工饲料可制成干片。

家蚕人工饲料饲养不仅是工厂化养蚕的重要内容之一，在探讨病理学、生理学方面的问题时也是很有用的。但由于人工饲料的物理、化学组成与桑叶不同，人工饲料饲养下蚕儿一般发育迟缓、蚕体细小且减蚕率高。为求得人工饲料养蚕的最好效果，对家蚕在人工饲料饲养条件下的若干习性以及某些因素的影响进行了观察研究，结果如下。

光周期的影响

家蚕的生长发育有日周期性，在一定温度条件下短日照能促进其生长发育。为促使小蚕期的发育齐一，对光照条件进行了探索。

一、饲养条件

1. 饲育温度　1—3龄28℃，明暗条件：① 全明(24小时光照)；② 半明(12小时光照，12小时黑暗)；③ 全暗(24小时黑暗)。分别用60W、40W、15W灯泡照明，光照距离为0.5米。全暗是覆盖黑布造成。饲育分两种：一种为1—3龄人工饲料饲育，4—5龄桑叶饲育。另一种为全龄桑叶饲育。供试蚕品种为东肥×华合，分二批饲育，2次重复。供试蚁蚕为100头。

2. 人工饲料配方　桑叶粉50克，豆饼粉25克，淀粉10克，石花菜10克，糖5克，柠檬酸3克，维生素C 2克，维生素B混合物0.4克，无机盐1克，没食子酸0.4克，山梨酸0.3克，氯霉素25毫克，水240毫升。

二、试验结果

1. 光周期对蚁蚕疏毛率的影响

全身被刚毛，体色发黑的蚁蚕，食取桑叶1—2日后，体色变淡，刚毛不见称为疏毛。第一批人工饲料饲育蚕在全明光照下疏毛率为91.9%，半明88.7%，全暗81.7%。第二

本文于1981年2月收到。

批全明 88.3%、半明 77.85%、全暗 74.6%。 蚁蚕疏毛率为 60W 大于 40W 大于 15W。结果表明光照能提高蚁蚕疏毛率，对蚁蚕摄食有促进作用。但对桑叶饲育蚁蚕的疏毛率无明显影响(表 1)。

2. 光周期对蚕的发育及眠蚕体重的影响

光照区 1—3 龄饲育日数较全暗区略缩短 5 小时左右，但 4—5 龄较全暗区延长。蚕的生长发育在光照区较暗区快(表 2，3)。光照对 1，2，3 龄眠蚕体重有增重的倾向，对茧质也有所提高(表 4)。

表 1　光周期对疏毛率的影响

处理		亮度(W)	不同光周期下的疏毛率（%）		
			全明	半明	暗区
东肥×华合	人工饲料饲育	15	88.6	84.5	81.7
		40	90.4	88.5	81.7
		60	96.7	93.2	81.7
	桑叶饲育	15	100	100	99
		40	100	100	99
		60	100	100	99
华合×东肥	人工饲料饲育	60	88.3	77.85	74.6
	桑叶饲育	60	100	100	100

注：1. 以上是重复试验结果，每一次试验设 3 区重复。
2. 光距离为 0.5 米。
3. 饲料配方 79—1 号。

表 2　各龄蚕在不同光周期下的发育*

处理		光照条件	发育经过（日:时）						
			1龄	2龄	3龄	1—3龄	4龄	5龄	全龄
华合×东肥(正反交)	人工饲料饲育	全明	4:22.5	4:10	4:22	14:6.5	6:8.5	7:12.5	28:35
		半明	5:0	4:3	4:14.5	13:17.5	7:2.5	7:17.5	28:14.5
		暗	5:0	3:21	5:1	13.22	5:15.5	7:17.5	27:7
	桑叶饲育	全明	3:15.5	3:7	3:23.5	10:22	5:21	8:22.5	25:4.5
		半明	3:15.5	3:6	3:17.5	10:15	6:05	9:00	25:15.5
		暗	3:15.5	3:6	3:21	10:18.5	5:21	8:21	25:12.5

* 小蚕期平均温度 28℃，干湿差 1。

表 3　光周期对蚕发育的影响*

处理	经过时间(日)	发育表现	
		2龄头数	3龄头数
全明	9	12	88
半明	9	16	84
暗	9	38	62

* 1—3龄人工饲料育。每区 100 头。

表 4 光周期对各龄眠蚕体重及茧质的影响

处理			眠蚕体重(克/20头)				茧质成绩		
			I 眠	II 眠	III 眠	IV 眠	全茧量(克)	茧层量(克)	茧层率(%)
东肥×华合(正反交)	人工饲料饲育	全明	0.105	0.50	2.975	17.9	2.13	0.476	22.35
		半明	0.10	0.46	2.63	16.7	2.085	0.463	22.20
		暗	0.09	0.425	2.65	16.6	2.165	0.468	21.61
	桑叶饲育	全明	0.115	0.85	4.25	22.4	2.34	0.548	23.41
		半明	0.10	0.78	3.45	20.0	2.325	0.539	23.18
		暗	0.11	0.71	3.45	19.9	2.28	0.531	23.28

表 5 稚蚕光照与 CPV 感染性的关系

分区			质型脓病发生情况(头)				5龄健蚕	
蚕品种	饲料	光照	4龄	5龄	发病头数	发病率(%)	头数	健蚕率(%)
东肥×华合(正反交)	人工饲料	全明	7	5	8.5	85	2	15
		半明	3	5	6.5	60	4	35
		暗	8	5.5	9.5	95	1	10
	桑叶	全明	5	4.5	7	70	3	30
		半明	3	5	6.5	65	4	35
		暗	5	7	7	90	1	10

3. 光周期对蚕病感染的影响

从 3 龄起蚕添食 CPV 1×10^7/毫升悬液，食毒 15 小时后，调查其感受性，在全暗条件下饲育的蚕，对 CPV 感受性高，暗区发病率 (95%) 大于全明 (85%) 大于半明 (65%)。桑叶饲育也同样以暗区发病率高，暗区 (95%) 大于全明 (70%) 大于半明 (65%)。1—3 龄的减蚕率以暗区最高 (67%)，明区较低 (29%)。照明的饲育环境能增强蚕体对病毒的抵抗力，这与桑叶饲育的情况是一致的(表 5)。

饲料的影响

为了使人工饲料能实用，用不同配方和剂型对蚕生长的影响进行了研究。

一、人工饲料配方

1. 材料与方法 供试蚕品种为东 34×苏 12 和东肥×华合，采用含桑叶粉 45—50% 的 79—1 号，80—2 号和 80—3 号 4 种配方(表 6)。扩大饲养为 4,000 头(每区 800 头，共 5 区)，饲育方式：稚蚕期分 1—2 龄，1—3 龄的人工饲料防干纸饲育，对照区全龄桑叶饲育。小蚕期每日给饵 1—2 次，大蚕期每日 4 次。小蚕饲育温度 28℃，干湿差 2，大蚕期为自然温、湿度。调查食下量、消化量，并测定对各饲料的消化率。

2. 结果 以眠蚕体重与减蚕率为指标，79—1 号，80—2 号配方较好 (表 7)，秋期以此二配方 (简称 1 号、2 号) 进行二批扩大饲养。饲育 4,000 头，试验结果表明：1 号饲料 1—3 龄经过 11 日 6 小时，眠蚕体重分别为 0.10，0.54，2.4 克/20 头，与桑叶育 0.12、0.6、2.4 克/20 头接近。2 号饲料配方以蜂蜜取代糖、维生素 B 类及无机盐混合物。成本下降了 22.4%，减蚕率也有所减少，但蚕儿生长发育较慢。大蚕改用桑叶饲养到上簇，产茧量、茧质及丝质调查(表 8)，与桑叶育相比，1、2 号饲料均略差，但 1 号饲料的解舒丝长比

表 6　人工饲料配方

成分(克)		79—1 号	80—1 号	80—2 号	80—3 号
基本干物质	桑叶粉	50	50	45	45
	豆饼粉	25	25	25	25
	淀粉	10	10	5	—
	石油酵母	—	—	5	5
	蔗糖	5	5	—	—
	啤酒酵母	—	5	—	—
	蜂蜜	—	—	5	—
添加物质	柠檬酸	3	3	3	—
	维生素C	2	2	2	2
	维生素B类	0.4	0.4	—	—
	无机盐混合物	1	1	—	—
	没食子酸	0.4	0.4	0.4	—
	花粉	—	—	—	5
防腐剂	山梨酸	0.3	0.3	0.3	0.4
	氯霉素(毫克)	25	25	25	25
成型剂	石花菜	10	10	15	10
水	(毫升)	250	250	250	260

表 7　小蚕饲养结果　　(蚕品种：东 34×苏 12)

饲料		蚁蚕疏毛率(%)	眠蚕体重(克/20头)			发育经过(日:时)				减蚕率(%)
			I 眠	II 眠	III 眠	1 龄	2 龄	3 龄	1—3 龄	
夏期	79—1 号	90.0	0.095	0.49	2.0	4:0	3:0	4:0	11:0	5
	80—1 号	62.2	0.09	0.47	1.88	4:1	3:0	4:0	11:1	15.4
	80—2 号	75.3	0.095	0.48	2.1	4:1	3:20	4:0	12:21	5.6
	80—3 号	89.7	0.09	0.40	1.7	4:8	3:18	4:8	11:10	30
秋期	79—1 号	90	0.10	0.54	2.4	3:13	3:17	4:0	11:6	12
	80—2 号	80	0.10	0.46	2.0	4:7	3:23	4:5	12:11	9
	桑叶	100	0.12	0.60	2.4	3:8	3:5	3:11	10:0	5.2

表 8　产茧量及茧丝质成绩

区别		头数	产茧量(克)	全茧量(克)	茧层量(克)	茧层率(%)	茧丝长(米)	解舒丝长(米)	茧丝量(克/粒)	茧丝纤度(旦)
1 号(79—1 号)	1—2 龄	800	1305	1.647	0.312	18.94	928	844	0.234	2.273
	1—3 龄	800	1303	1.617	0.302	18.67	955	852	0.230	2.168
2 号(80—2 号)	1—2 龄	800	1284.5	1.575	0.299	18.98	874	672	0.224	2.307
	1—3 龄	800	1282.5	1.565	0.293	18.72	872	778	0.217	2.246
桑叶	1—5 龄	800	1333	1.675	0.320	19.10	941	779	0.240	2.296

桑叶饲育长 69 米，说明仍有可取之处。

二、剂型的改进

由于湿型饲料不易贮藏，我们对人工饲料的保存方法及剂型进行了改进试验。

1. 同位素照射杀菌 湿饲料置塑料袋中密封，经 90 千伦剂量的 ^{60}Co 照射后，饲料可以保持一个多月，但经此处理的饲料饲育的蚕儿较冰箱保存的发育慢，蚕体较轻。

2. 干片剂型 将蒸过的人工饲料涂于尼龙丝网上并压平展延成薄片，经冷冻干燥后置塑料袋内可保存半年左右。用时滴水于干片上，待吸湿后喂蚕。但蚁蚕摄食比湿饲料差，排粪亦少，小蚕生长比湿片慢 1 日，眠蚕体重也较轻。若大蚕期改用桑叶育则茧质与湿片接近(表 9)。

表 9 人工饲料剂型的试验结果

剂型别	收蚁 48 小时疏毛率(%)	蚁蚕食饵 24 小时排粪数(粒/20 头)	眠蚕体重(克/20 头)			茧质成绩		
			I 眠	II 眠	III 眠	全茧量(克)	茧层量(克)	茧层率(%)
干片	81.95	267	0.09	0.40	2.2	2.03	0.420	20.68
湿片	79.50	277	0.09	0.47	2.8	2.03	0.424	20.99

三、桑叶粉质与量的影响

对贮藏不同时间的桑叶按 1 号配方配成各种人工饲料，进行比较(表 10)。1—3 龄减蚕率按春、夏、秋、晚秋递增，以晚秋最高 (56.4%)。眠蚕体重按春、夏、秋递减。各龄发育经过按春、夏、秋、晚秋顺序延长。总的看来春叶优于夏叶，秋叶优于晚秋叶，又以当年采制的春叶粉最好。

表 10 桑叶粉采制时期与蚕儿摄食的影响

处理		7 日后发育情况		各龄眠蚕体重(克/20 头)			发育经过(日:时)				1—3 龄减蚕率(%)
		II 龄(头)	III 龄(头)	I 龄	II 龄	III 龄	I 龄	II 龄	III 龄	I-III 龄	
人工饲料饲育	1980 年春叶粉	28.0	72	0.095	0.49	2.0	4:0	3:0	4:0	11:0	31.2
	1979 年春叶粉	95	5	0.09	0.44	1.78	4:23	3:0	4:0	11:23	36.3
	1979 年夏叶粉(7 月采)	93	7	0.08	0.40	1.40	4:23	3:0	4:9	12:8	36.0
	1979 年秋叶粉(8 月采)	100	0	0.08	0.32	1.20	6:0	3:23	4:1	14:0	42.6
	1979 年晚秋叶粉(11 月采)	100	0	0.075	0.30	1.20	6:0	3:23	4:1	14:0	56.4
桑叶饲育		0	100	0.12	0.60	2.56	3:2	2:22	4:0	10:0	6.8

人工饲料中的桑叶粉按 30%、40% 和 50% 的重量配制饲料进行比较，结果表明眠蚕体重以 50% 区最高 (1.98 克/20 头)，其次是 40% 区 (1.96 克/20 头)，30% 区最差 (1.38 克/20 头)。1—3 龄经过以 50% 区最快 (12 日)，其次是 40% (14 日)，30% 区最长 (15 日)，4 龄起蚕的有效数也以 50% 桑叶区最高，在本试验范围内，当桑叶粉含量低于 40% 时饲养成绩显著下降。

四、人工饲料与桑叶饲料效率比较

1. 食下量和消化率的比较

食下量是幼虫食下饲料的量，一般由给桑量 (或给饵量) 减去食后残余叶量。食下率系指食下量占给叶量的百分率。

消化量是指食下量中被消化吸收的量，一般由食下量减去排粪量即得。消化率则指

消化量占食下量的百分率。

本试验对人工饲料及桑叶育蚕，逐龄进行给饵量、给叶量、残饵量、残桑量及各龄的排粪量进行烘干称量测定，从而对 1 号、2 号配方与全龄桑叶育进行饲料效率的比较。各龄人工饲料区的食下率均略低于桑叶区，但消化率则相反(见表 11)。

对二种人工饲料的比较得知，饲料成分的差异显著影响食下率与消化率（表 12)。1 号饲料的食下率和消化率都比 2 号饲料高。

2. 蚕对饲料养分的消化和吸收

蚕对饲料的消化和吸收受饲料种类的影响（表 13)。1、2 号人工饲料（蒸煮过的湿

表 11　人工饲料与桑叶育蚕食下率与消化率比较*

龄期	饲料	给饵量(克)	食下量(克)	食下率(%)	占全龄食下量(%)	消化量(克)	消化率(%)	占全龄干物消化量(%)
1	人工饲料	0.50	0.04	8.00	0.21	0.026	65.0	0.29
	桑　叶	0.42	0.04	9.50	0.13	0.016	40.0	0,14
2	人工饲料	1.045	0.235	22.48	1.26	0.095	40.42	1.06
	桑　叶	0.835	0.205	24.55	0.69	0.070	34.15	0.63
3	人工饲料	1.25	0.635	50.80	3.40	0.285	44.90	3.15
	桑　叶	1.10	0.56	50.90	1.87	0.210	37.50	1.88
1—3 平均	人工饲料	2.795	0.91	32.55	4.87	0.406	44.61	4.50
	桑　叶	2.355	0.805	34.18	2.69	0.296	36.77	2.65

* 供试头数 20 头，2 区重复

表 12　不同饲料与各龄蚕食下干物量和食下率的关系

龄　期	饲料名称	给饵量(克)	食下量(克)	食下率(%)	占全龄食下量(%)	消化量(克)	消化率(%)	占全龄消化量(%)
1	1 号	0.5	0.04	8.00	0.21	0.026	65.0	0.29
	2 号	0.5	0.02	4.00	0.09	0.010	50.0	0.13
2	1 号	1.045	0.235	22.48	1.26	0.095	40.42	1.06
	2 号	0.985	0.135	13.70	0.58	0.055	40.74	0.72
3	1 号	1.25	0.635	50.80	3.40	0.285	44.90	3.15
	2 号	1.29	0.65	50.39	2.77	0.29	44.60	3.72
1—3	1 号	2.795	0.91	32.55	4.87	0.406	44.61	4.50
	2 号	2.775	0.805	29.00	3.44	0.355	44.19	4.57

表 13　蚕对不同饲料的消化和吸收*

饲 料 别	营养成分（占干物质 %）		消化吸收率（占干物质%）		
	粗 蛋 白	总糖	蚕粪中粗蛋白	粗蛋白吸收	与桑叶相比
1 号饲料	21.33	33.80	12.15	43.03	+16.3%
2 号饲料	23.71	31.00	14.79	37.60	+10.9%
桑　叶	27.30	20.00	20.00	26.70	—

* 消化吸收率(%)=(饲料粗蛋白－蚕粪粗蛋白)/饲料粗蛋白×100

剂)中粗蛋白含量较桑叶低,总糖含量比桑叶高。人工饲料育蚕对粗蛋白的吸收率远比桑叶育高(10.9～16.3%)(表13)。

3. 产丝比较

产茧量及茧质 人工饲料育(1—3龄)的产茧量、全茧量、茧层量和茧层率均比桑叶育略低,但结茧率两者相近(表14)。

表14 产茧量及茧质调查

饲料	头数	产茧量(克)	全茧量(克)	茧层量(克)	茧层率(%)	结茧率(%)
1号	800	1305	1.617	0.302	18.67	85.7
2号	800	1283	1.565	0.293	18.72	86.9
桑叶	800	1333	1.675	0.320	19.10	87.0

小结与讨论

1. 西田顺等(1976)用体外实验方法查明在光照条件下蚕的消化液能生成抗病毒的红色萤光蛋白。本文证实照明区抗病毒力强,发病率低,健蚕率高于暗区。昼明夜暗与全明饲育倾向一致,因而认为小蚕期饲养从实际生产角度出发,以昼明夜暗的环境较好。

2. 扩大饲育量试验表明,小蚕期人工饲料育、大蚕期桑叶育,这一饲育型式比较实用,人工饲料育蚕生长发育比桑叶育延长1日左右,体重及茧质均略低于桑叶育。除桑叶的营养比人工饲料较高外,饲料的转化率也低于桑叶饲育。这是影响蚕体重和茧质的主要原因。

3. 人工饲料育的效果与桑叶粉的质和量密切相关。在人工饲料中春期采制的桑叶粉含量在50%左右时,小蚕期生长良好,大蚕期发育正常。晚秋桑叶粉或桑叶粉含量低于30%时,蚕的发育较差。

4. 以蜂蜜取代全部维生素B混合物、无机盐混合物及糖,可降低成本20%左右,并可降低减蚕率,但饲养成绩稍差。

5. 为便于人工饲料的贮藏和运输,干剂较为方便,与湿剂差异不大。

参 考 文 献

蒋猷龙、余国东、李秀艳、李中豪 1965 家蚕就眠机制的初步研究。蚕业科学(2): 112—6。

蒋猷龙、李秀艳等 1963 家蚕变温饲育的研究。蚕业科学(2): 82—7。

長楽 勇 1979 人工飼料育における光周期とくに短周期の繰返しが蚕の成育に及ぼす影響。蚕糸研究(111): 85—91。

樋口鉄美 1979 調製後の人工飼料に対する光の照射が蚕の成長に及ぼす影響。蚕糸研究(110): 56—66。

西田 顺 1976 カイコ幼虫消化液中の抗ウイルス性赤色蛍光たんぱく質の生成機構関する研究。1977年日本農学會論文集 53—5 頁。

SOME FACTORS INFLUECING THE LARVAL GROWTH OF *BOMBYX MORI* L. REARED ON ARTIFICIAL DIETS

LI XIU-YAN　CHIANG YOU-LONG

(*Institute of Sericulture, Zhejiang Academy of Agricultural Science*)

The composition of artificial diets and their effects on the growth, development and behavior of the larvae of *Bombyx mori* L. were studied. The influence of rearing conditions was also tested. The results are summarized as follows:

1. The larvae grow faster and more uniformly when reared on the artificial diet under complete or 12 hours illumination; they show higher resistance to CPV challenge.

2. Among the artificial diets used in the experiments, the diet with the following ingradients yields better results than other diets: dry mulberry leaf powder, 45 g; defatted soybean meal, 25 g; corn starch, 5 g; yeast, 5 g; bee honey, 5 g; citric acid, 3 g; chlormycetin, 25 g; gallic acid, 0.4 g; sorbic acid, 0.3 g; ascorbic acid, 2 g; *Gelidium cartilaginum* (as plastic agent), 15 g; and water, 250 ml.

3. The proportion of the mulberry leaf powder must be over 40% of the weight of the diet and the leaves must be collected in the spring.

4. Though the coefficient of digestibility of the artificial diet is higher than that of the mulberry leaves, silk production is better in the larvae feeding on the mulberry leaves.